

OULUN SEUDUN  
AMMATTIKORKEAKOULU



Heikki Kinnula & Mikko Lehtosaari

## PROSEDURAALISTEN VIRTUAALIMAAILMOJEN LUONTI REALXTEND- ALUSTALLE

# **PROSEDURAALISTEN VIRTUAALIMAAILMOJEN LUONTI REALXTEND- ALUSTALLE**

Heikki Kinnula  
Mikko Lehtosaari  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

---

Tekijä(t): Heikki Kinnula & Mikko Lehtosaari

Opinnäytetyön nimi: Proseduraalisten virtuaalimaailmojen luonti realXtend-alustalle

Työn ohjaaja(t): Jouni Juntunen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013

Sivumäärä: 24

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää eteenpäin TundraWorldGenerator-työkalua, jonka avulla voidaan luoda virtuaalimaailmoja realXtend-alustalle käyttäen hyväksi maanmittauslaitoksen tarjoamia aineistoja. Tällaista algoritmien avulla tapahtuvaa sisällön tuottamista kutsutaan proseduraaliseksi mallinnukseksi. Toimeksiantaja oli oululainen ohjelmistotalo Cyberlightning Oy, joka on erikoistunut virtuaalimaailmojen tuottamiseen sekä 3D-Internet -teknologian kehitykseen.

Python-kielellä kirjoitetussa TundraWorldGeneratorissa oli jo lähtökohtaisesti valmiina ominaisuudet maanpinnan ja sen tekstuurien luomiselle ulkopuolista aineistoa käyttäen. Uusien ominaisuuksien kehittämiseksi päätettiin kirjoittaa esimerkkisovellus, joka luo virtuaalimaailman Iso-Syötteen laskettelukeskuksen alueesta. Sovellusta tehtäessä suurin osa työstä koostui uusien ominaisuuksien kirjoittamisesta ohjelmakoodiin, mutta myös 3D-mallinnusta ja teksturointia tehtiin tarpeen vaatiessa. Lisäksi tutustuimme virtuaalimaailmoihin ja 3D-grafiikkaan yleisellä tasolla.

Työn tuloksena TundraWorldGeneratoriin lisättiin uusi TreeGenerator-moduli, jonka avulla voidaan luoda haluttu määrä puita virtuaalimaailmaan. Puiden sijaintia ja lukumäärää pystytään muokkaamaan kasvillisuus- ja tiheyskarttojen avulla. Työn aikana havainnoitiin myös TundraWorldGeneratorissa esiintyviä ongelmia, joista raportoitiin toimeksiantajalle. Todellisen maailman kohteiden muuntaminen virtuaaliseen muotoon on varmasti laajaakin kiinnostusta herättävä aihe, ja sen parissa työskentely oli erittäin mielenkiintoinen haaste.

---

Asiasanat: realXtend, virtuaalimaailma, proseduraalinen mallinnus, 3D-Internet

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in business information systems

---

Author(s): Heikki Kinnula & Mikko Lehtosaari

Title of thesis: Procedural virtual world creation for realXtend-platform

Supervisor(s): Jouni Juntunen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2013

Number of pages: 24

---

The aim of the thesis was to improve the current version of TundraWorldGenerator, a tool that is used for creating virtual worlds for realXtend-platform using the free data from National Land Survey Of Finland. This kind of algorithm-based content creation is called procedural modeling. The client organization for the thesis was Oulu based Cyberlightning Ltd, which is specialized in 3D productions and developing 3D-Internet and avatar technology.

Python-based TundraWorldGenerator already had features for terrain and texture creation by using the external data. For the addition and testing of new features we decided to write an application that creates a virtual world of ski resort Iso-Syöte and its surrounding landscape. Most of the work consisted of writing the new features in the program code but also some 3D modeling and texturing was required during the process. The goal was also to read up on virtual worlds and 3D graphics in general.

The result of this thesis was a new TreeGenerator-module which provided a new feature of adding trees into the virtual world. The location and amount of trees is controlled by textures called vegetation maps and density maps. The problems in TundraWorldGenerator found during the thesis were also reported to the client. Converting real-life destinations to virtual worlds is surely an interesting subject. Working with an ambitious and visionary software platform like realXtend was a truly interesting challenge.

---

Keywords: realXtend, virtual world, procedural modeling, 3D-Internet

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VIRTUAALIMAAILMAT	8
2.1	Historiaa	8
2.2	3D-grafiikka	9
2.3	3D-virtuaalimaailman luonti	11
3	REALXTEND	12
4	TOTEUTUS	15
5	POHDINTA	22
	LÄHTEET	23

# 1 JOHDANTO

Teknisistä innovaatioistaan tunnettu Oulu on vahvasti esillä 3D-Internetin kehityksessä. Aiemmin televisiosta ja elokuvista tutun kolmiulotteisuuden odotetaan tulevaisuudessa mullistavan myös Internetin käytön. Se tarjoaa lukuisia uusia mahdollisuuksia, kuten monitasoisen etäkommunikaation, luonnolliset käyttöliittymät sekä uudenlaiset elämykset ja palvelut. Esimerkiksi virtuaalipalavereilla voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä sekä matkakustannuksissa että työajassa. Osaamis- ja liiketoimintapohjan 3D-Internet -teknologian hyödyntämiselle luovat Oulun yliopiston Center for Internet Excellence (CIE), avoimeen lähdekoodiin perustuva realXtend-virtuaalimaailmaprojekti sekä 3D-Internet Allianssi (3DIA).

Lähtökohdat opinnäytetyölle luotiin jo syksyllä 2011, kun suoritimme ammattikorkeakoulututkintoon sisältyvän yleis- ja ammattiharjoittelujakson realXtend-projektin ohjelmointitehtävissä. Harjoittelun jälkeen tuntui luontevalta jatkumolta tehdä myös opinnäytetyö samaan aihepiiriin liittyen. Työn toimeksiantaja on oululainen ohjelmistotalo Cyberlightning Oy, joka on erikoistunut 3D-Internet -teknologian kehittämiseen sekä erilaisten avatar-palveluiden ja virtuaalimaailmoiden tuottamiseen. Cyberlightning on myös yksi 3D-Internet Allianssin merkittävimmistä jäsenistä.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää eteenpäin Cyberlightningin TundraWorldGenerator-työkalua, jolla pystytään luomaan proseduraalisesti kolmiulotteisia virtuaalimaailmojen prototyyppejä käyttäen hyväksi maanmittauslaitoksen aineistoja. Maanmittauslaitos tarjoaa kaikki digitaaliset maastotietoaineistonsa kansalaisten ja yritysten vapaaseen käyttöön ilmaiseksi. Aineistojen käytöstä ei peritä korvauksia, ja niillä on laajat ja ikuiset käyttöoikeudet. Saatavilla on muun muassa ortoilmakuvia, korkeusmalleja sekä maastotietokantaa ja siitä johdettuja vektori- ja rasterikarttoja. (Maanmittauslaitos 2012, hakupäivä 25.11.2012.)

Proseduraalinen mallinnus on yläkäsite erilaisille tekniikoille, joilla 3D-malleja ja tekstuureja voidaan luoda sääntöjoukkojen avulla. Sääntöjoukko voi olla sulautettu algoritmiin tai muutettavissa erilaisten parametrien avulla. Lopputulosta kutsutaan proseduraaliseksi sisällöksi, jota voidaan käyttää suoraan esimerkiksi tietokonepeleissä ja elokuvissa, tai jota käyttäjä voi muokata manuaalisesti. Proseduraalista mallinnusta käytetään yleensä silloin, kun 3D-mallin luominen käsin olisi liian vaivalloista, tai se vaatii erikoistyökalujen käyttöä. Tämä pätee

yleisimmin kasvien, rakennustaiteen ja laajojen maisemien mallinnukseen. (Computer Graphics Laboratory at UCSD 2005, hakupäivä 12.2.2013.)

Opinnäytetyötä aloitettaessa TundraWorldGeneratorilla pystyttiin luomaan virtuaalimaailmojen runkoja ja jonkin verran myös sisältöä. Työn aikana työkalussa esiintyneitä ongelmia pyrittiin korjaamaan, ja siihen kehitettiin uusi TreeGenerator-moduli. Sen avulla tyhjiin virtuaalimaailmaan voidaan luoda nopeasti valtavia määriä puita halutuille alueille käyttämällä hyödyksi kasvillisuus- ja tiheyskarttoja. Esimerkkisovelluksessa käytettäväksi alueeksi valittiin Iso-Syötteen laskettelukeskuksen ympäristö. Tarkoituksena oli siis kehittää TundraWorldGenerator-työkalua niin pitkälle, että sen avulla voidaan tuottaa mahdollisimman realistinen virtuaalimaailma Iso-Syötteestä pinnanmuotoineen ja puustoineen.

## 2 VIRTUAALIMAAILMAT

Sana "virtuaalitodellisuus" tuo ihmisten mieleen hyvin erilaisia mielikuvia, aina kömpelöistä kypärävirtelmistä futuristisiin elokuviin. Virtuaalitodellisuudesta on aikojen saatossa käytetty lukuisia eri termejä, kuten "kyberavaruus" tai "keinotodellisuus". Nykyisin käytetään myös termiä "virtuaaliympäristö". Lukuisista eri nimityksistä huolimatta konsepti on kuitenkin pysynyt samanlaisena: tietotekniikkaa hyödyntäen luodaan kolmiulotteinen simuloitu maailma, jota käyttäjä voi tutkia, ja johon käyttäjä voi itse vaikuttaa. (Strickland 2007, hakupäivä 17.11.2012.)

### 2.1 Historiaa

1980- ja 1990-lukujen taitteessa virtuaalitodellisuutta ylistettiin uudeksi, kasvavaksi menetelmäksi, joka tulisi mullistamaan interaktiivisuuden ja tietokoneiden käyttöliittymät. Virtuaalitodellisuus-käsite on kuitenkin ollut olemassa jopa ennen tietokonegrafiikkaa. Jo 1950-luvulla Morton Heilig suunnitteli Sensorama-laitteen, joka sisälsi heijastetun filmin, äänet, värinän, tuulen ja jopa tuoksujen simuloimisen. Koska reaaliaikaista tietokonegrafiikkaa ei ollut keksitty, katsojalle näytettiin ennalta kuvattua materiaalia. (Carlson 2003, hakupäivä 17.11.2012.)

Vuosikymmenten saatossa teknologia on ottanut suuria harppauksia eteenpäin. Nykyään useimpien virtuaaliympäristöjen katselu ja käyttö onnistuu tavallisilla kotitietokoneilla, joiden tehokkaat näytönohjaimet on suunniteltu videopelien pelaamiseen. Myös virtuaalitodellisuuden käyttö on laajentunut huomattavasti, ja kyseistä teknologiaa löytyy esimerkiksi sotilaiden ja lääkäreiden koulutussimulaattoreista. (Strickland 2007, hakupäivä 17.11.2012.)

Tällä hetkellä suosituin virtuaalimaailma on Linden Labin luoma Second Life, johon on rekisteröitynyt yli 20 miljoonaa käyttäjää. Second Life on sosiaalinen kanava, jossa voi tavata muita käyttäjiä ympäri maailmaa avatarien välityksellä. Kommunikointi tapahtuu joko kirjoittamalla viestejä tai mikrofonin avulla. Second Life sai alkunsa, kun Philip Rosedalen vuonna 1999 perustama Linden Lab alkoi kehittämään 2000-luvun alussa uutta virtuaalimaailmaa nimellä "LindenWorld". Ensimmäinen versio julkaistiin kesäkuussa 2003, ja lopulliseksi nimeksi vaihdettiin "Second Life". Ensimmäisen julkaisun jälkeen Second Lifeen on tullut lukuisia uusia ominaisuuksia, mm. oma valuutta Linden dollar (L\$), teleporttaaminen, virtuaalimaailman



vuokraaminen, rakentaminen ja oman yrityksen perustaminen. (Second Life Wiki 2012, hakupäivä 19.2.2013.)

Virtuaalitekniologia on suuressa roolissa myös 3D-Internetin kehityksessä. Nykyisen 2D-webin seuraajan ennustetaan koostuvan yhdistetyistä palveluista, jotka esitetään käyttäjälle virtuaalimaailmoina. Jokaisella käyttäjällä on myös oma avatar, joka toimii samalla käyttäjäprofiilina. 3D-Internetin mahdollistaa lukuisat saatavilla olevat teknologia-alustat, mm. oululaislähtöinen avoimen lähdekoodin realXtend, jota kehitetään maailmanlaajuisesti. 3D-Internetin todellinen arvo piilee kuitenkin todennäköisesti sen sisällössä, ja sen laajamittaisen läpimurron ennustetaan tapahtuvan vuonna 2015. (3D Internet Alliance 2013, hakupäivä 19.2.2013.)

## **2.2 3D-grafiikka**

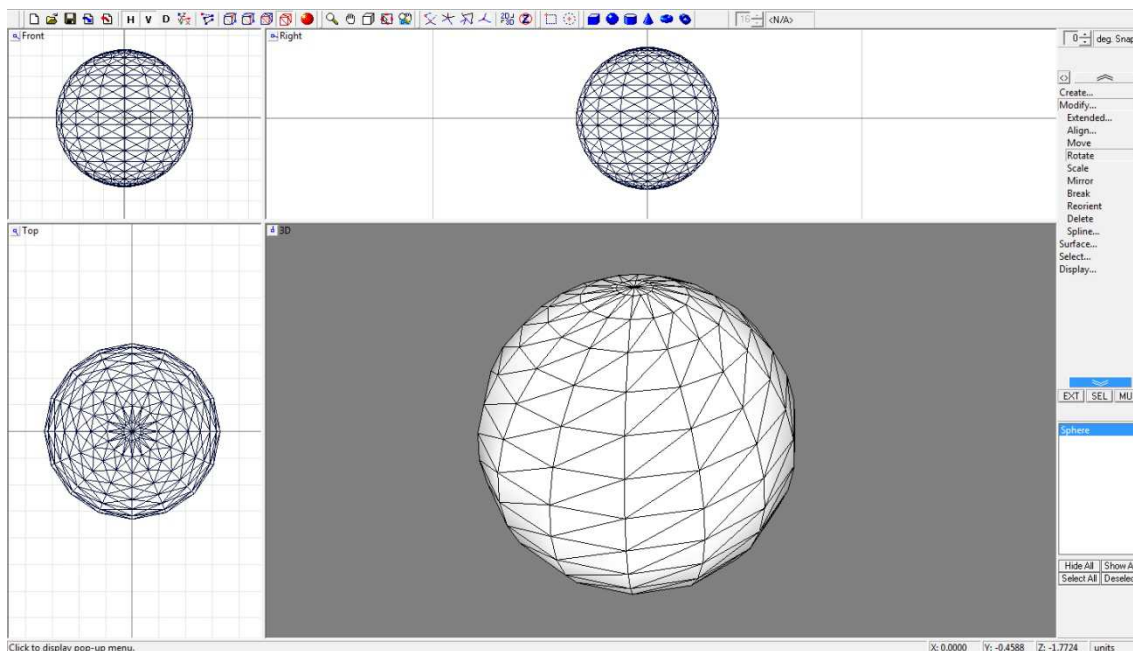
3D-grafiikka on tietokonegrafiikkaa, jolla on kolme ulottuvuutta: pituus, leveys ja syvyys. Kuva, jolla on vain pituus ja leveys mutta ei syvyyttä, kutsutaan kaksiulotteiseksi (2D). 2D-grafiikkaa käytetään yleensä silloin, kun halutaan viestittää jotain yksinkertaista erittäin nopeasti, esimerkiksi mainoksissa tai opastuskylteissä. 3D-grafiikan avulla voidaan luoda monimutkaisempia kuvia, mutta niiden aikaansaaminen vaatii huomattavasti enemmän tietoa. (Franklin 2011, hakupäivä 30.1.2013.)

2D- ja 3D-grafiikan eroavaisuutta voidaan tarkastella käytännössä vertaamalla kolmiota ja pyramidia. Kaksiulotteinen kolmio on yksinkertaisin monikulmio, joka muodostuu kolmesta pisteestä ja niitä yhdistävistä janoista eli kolmion sivuista. Pyramidi on esimerkki 3D-rakenteesta, jolla on neljä kolmion muotoista sivutahkoa. Sen muodostaminen vaatii kuusi janaa ja viisi kulmaa, eli lähes kaksinkertaisen määrän tietoa kolmioon verrattuna. (Franklin 2011, hakupäivä 30.1.2013.)

Kun kolmiulotteinen grafiikka piirretään kaksiulotteiselle pinnalle, on kyse renderöinnistä. Reaaliaikaisessa renderöinnissä kuva piirretään näytölle sekunnin murto-osassa. Käyttäjä reagoi näkemäänsä, ja määrittelee toiminnallaan sen, mitä seuraavaksi generoidaan. Tämä renderöinnin ja reagoinnin sykli on niin nopea, että käyttäjä ei pysty erottamaan yksittäisiä kuvia, mistä seuraa dynaaminen prosessi. Kuvien näyttötaajuuden mittayksikkö on fps (frames per second) tai hertsi (Hz). Jo 15 fps:n näyttötaajuudella voidaan puhua reaaliaikaisesta renderöinnistä. Kun

näyttötaajuus nousee yli 72 fps, eroa on vaikea enää silmin havaita. (Akenine-Möller, Haines & Hoffman 2008, 1.)

3D-malliksi kutsutaan kolmiulotteista objektia, joka muodostuu 3D-avaruudessa olevista pisteistä ja niitä yhdistävistä geometrisistä entiteeteistä, esimerkeiksi kolmioista, janoista ja kaarevista pinnoista. Se on siis eräänlainen tietovarasto, joka voidaan luoda käsin, algoritmisesti tai skannaamalla. Aiemmin monet tietokonepelit käyttivät esirenderöityjä kuvia 3D-malleista, kunnes reaaliaikainen renderöinti mahdollistui teknologian kehityksen myötä. (Jonaitis 2004, hakupäivä 12.2.2013.) Kuvassa 1 on esitetty 3D-mallinnusohjelman käyttöliittymä, jossa luotua mallia voidaan tarkastella eri suunnista.



Kuva 1. 3D-mallinnusohjelman käyttöliittymä.

Jotta 3D-mallista saadaan realistisen näköinen, se täytyy teksturoida. Teksturoinnilla eli pintakuvioinnilla tarkoitetaan 3D-grafiikassa geometrisen mallin pinnoittamista bittikarttakuvalla eli tekstuurilla. Esimerkiksi tiiliseinän luominen ilman tekstuuria vaatisi jokaisen tiilen mallintamista erikseen, ja lopputulos voisi silti olla liian sulava ja säännönmukainen ollakseen realistinen. Lisäksi laskentatehon tarve kasvaisi huomattavasti. Teksturointia käytettäessä tarvitaan vain yksittäinen, litteä monikulmio, joka pinnoitetaan esimerkiksi aidosta tiiliseinästä otetulla valokuvalla. Näin saavutetaan tarkkuus, joka vastaa lähes pienten polygonien käyttöä, mutta laskennallinen vaativuus pysyy melkein ennallaan. (OpenGL Programming Guide 1997, hakupäivä 19.2.2013.)

## 2.3 3D-virtuaalimaailman luonti

Virtuaaliseen 3D-maailmaan pätee sama sääntö kuin todelliseen maailmaan: se ei ole määriteltävissä pelkästään yhden kuvan perusteella. Esimerkiksi ihmisen kädellä on ominaisuuksia, jotka määrittelevät miten se voi liikkua ja miltä se näyttää. Sormet taipuvat sisäänpäin kämmentä kohti, ei ulospäin. Jos kädellä lyödään pöytään, se ei loiskahda koska pöytä on kiinteä ja kova. Käsi ei voi myöskään mennä pöydän läpi. Näitä asioita ei kuitenkaan voida todistaa katsomalla vain yhtä kuvaa. (Franklin 2011, hakupäivä 30.1.2013.)

Kolmiulotteisen virtuaalimaailman objektit eivät ole todellisia, vaan täysin synteettisiä. Kaikki niillä olevat ominaisuudet määritellään ohjelmiston toimesta. Näin ollen ohjelmoijilta vaaditaan huolellista työtä, jotta kaikki objektit käyttäytyvät tietyllä tavalla. Jos kaksi kiinteää esinettä lävistää toisensa, virtuaalimaailman luoma illuusio särkyy, ja katsoja huomaa kaiken olevan keinoitekoista. (Franklin 2011, hakupäivä 30.1.2013.)

Näytölle piirtyy yleensä kerrallaan vain pieni osa virtuaalimaailmasta. Se, mitä käyttäjä näkee, muodostuu virtuaalimaailman määrittelyjen sekä käyttäjän omien toimintojen yhteisvaikutuksesta. Mihin tahansa suuntaan liikuttaessa ympärillä oleva 3D-maailma määrittelee sen, mitä näytölle piirretään kyseisestä pisteestä tiettyyn suuntaan katsottaessa. Näkymän on luonnollisesti oltava realistinen: objektin tulee näyttää yhtä korkealta, kun sitä katsellaan eri suunnista samalta etäisyydeltä. Jokaisen objektin tulee myös näyttää ja liikkua niin, että sillä on aina samat ominaisuudet, esimerkiksi massa, kovuus, kiinteys ja taipuvuus. (Franklin 2011, hakupäivä 30.1.2013.)

### 3 REALXTEND

RealXtend on avoimen lähdekoodin projekti, joka kehittää sovellusalustaa verkossa toimiville 3D-sovelluksille. Alusta tarjoaa käyttäjälleen mm. reaaliaikaisen 3D-grafiikan, tehokkaan verkkotyöskentelyn, integroidun graafisen käyttöliittymän sekä ohjelmointirajapinnat. Sen käyttökohteita ovat mm. virtuaaliset kokoustilat, arkkitehtisuunnittelu ja moninpelit. (Alatalo 2011b, hakupäivä 14.11.2012.) Kuvassa 2 näkyy realXtendillä luotu virtuaalimaailma sekä käyttäjän avatar-hahmo.



*Kuva 2. Virtuaalimaailma ja käyttäjän avatar.*

Projekti käynnistyi vuonna 2007 ja aluksi se käytti Opensimulator-palvelinkoodia sekä Second Lifen katseluohjelmaa. Vähitellen realXtend alkoi erkaantua OpenSim:sta, kehittäen lopulta oman katseluohjelmansa. Näin realXtendin kehittäjät vapautuivat GPL-lisenssin mukanaan tuomista rajoituksista. Huhtikuussa 2011 perustettiin realXtend-järjestö, jonka tavoitteena on yhdistää realXtendin käyttäjät ja kehittäjät antamaan palautetta ja ohjaamaan alustan kehitystä tulevaisuudessa. Järjestön perustajajäseniä ovat Adminotech, CIE, ENNE, Evocativi, Letwory Interactive, Ludocraft ja Playsign. (Korolov 2011, hakupäivä 16.11.2012.)

Yksi realXtend-projektin tuotoksista on uusi Tundra SDK, joka julkaistiin alkuvuodesta 2011. Kyseessä on työkalu, jonka avulla sovelluskehitystä on pyritty yksinkertaistamaan. Se on suunnattu ohjelmistokehittäjille, jotka haluavat luoda verkossa toimivia, reaaliaikaista 3D-

grafiikkaa renderöiviä sovelluksia. Tundra SDK soveltuu sekä kokeelliseen tutkimukseen että koulutustarkoituksiin, kuten verkkomoninpeleihin liittyvään ohjelmointiharjoitteluun. (Alatalo 2011b, hakupäivä 14.11.2012.)

Tundran ytimen ohjelmointirajapinta tarjoaa perusominaisuudet, eli Ogre3D-grafiikkamoottorin, Qt-kehitysympäristön, kNet-verkkoprotokollan sekä OpenAL:n äänten toistamiseen. Tämän lisäksi tarjolla on lukuisia vaihtoehtoisia moduuleita, joilla saadaan lisättyä erilaisia toiminnallisuuksia. Tällaisia moduuleita ovat mm. XMPP-pikaviestin ja Bullet-fysiikkakirjasto, jota käytetään myös useissa kaupallisissa peleissä. (Alatalo 2011b, hakupäivä 14.11.2012.)

Ogre3D (Object-Oriented Graphics Rendering Engine) on oliopohjainen grafiikkamoottori, jota voidaan käyttää reaaliaikaisten 3D-sovellusten kehittämiseen. Se on avoimen lähdekoodin ohjelmakirjasto, joka tukee OpenGL- ja Direct3D-rajapintoja Windows-, Linux-, ja Mac OS X -alustoilla. Termi "grafiikkamoottori" kuvastaa hyvin Ogre3D:n tehtävää laajemmassa viitekehyksessä, sillä se toimii 3D-sovelluksen voimanlähteenä hoitaen suuren osan sen prosessoinnista. Näin kehittäjälle jää enemmän aikaa keskittyä itse sovelluksen yksityiskohtien hiomiseen. (Junker 2006, 1–5.)

RealXtend-projektin tavoitteena on ollut alusta lähtien käyttää avointa lähdekoodia poistaakseen yksityisomistuksellisten ohjelmistojen luomia esteitä, sekä edesauttaakseen 3D-virtuaalimaailmojen käytön yleistymistä. Yksi välittömistä hyödyistä on se, että realXtend:ssä on alusta lähtien ollut tuki polygon mesh -formaatile, jonka vuoksi olemassa olevia pelihahmoja sekä CAD-malleja voidaan käyttää suoraan yleisimmistä mallinnusohjelmista, kuten 3ds Max, Maya tai Blender. (Alatalo 2011a, hakupäivä 18.11.2012.)

Tundra käyttää Entity-Component -mallia perustana laajennettavien virtuaalitilojen luomiselle. Ominaisuuksia ei ole kovakoodattu alustatasolla, vaan jokainen virtuaalimaailma muodostuu sen mukaan, millaisia entiteettejä se sisältää. Entiteetit ovat yksikäsitteisiä olioita, jotka eivät sisällä dataa. Entiteetteihin liitetään erilaisia komponentteja, jotka voivat olla minkä tyypisiä tahansa ja sisältää satunnaista tietoa. Tundraan pohjautuvat sovellukset voivat tarvittaessa lisätä omia komponenttejaan, jotka sisältävät haluttujen toiminnallisuuksien vaatimaa dataa. (Alatalo 2011a, hakupäivä 18.11.2012.)

Entiteetti on siis jokin konkreettinen olio, esimerkiksi käyttäjän avatar. Entiteetti ei kuitenkaan sisällä avatar-kohtaista logiikkaa, vaan se on käytännössä pelkkä ID eli tunniste. Komponentti on asia tai ominaisuus joka entiteetillä on, kuten sijainti (Position), nopeus (Velocity) tai fyysinen runko (PhysicalBody). Entiteetti on siis osiensa summa, eikä sillä ole tarkkaa tietoa, mitä osia se sisältää. Tästä johtuen kaikkia entiteettejä voidaan kohdella muun sovelluksen puolelta samalla tavalla. (Piemaster 2011, hakupäivä 19.2.2013.)

## 4 TOTEUTUS

Opinnäytetyön toiminnallisena tavoitteena oli kehittää eteenpäin Python-kielellä kirjoitettua TundraWorldGenerator-työkalua, jolla voidaan luoda proseduraalisesti virtuaalimaailmoja realXtend Tundraan käyttämällä hyväksi saatavilla olevia aineistoja. Lähtökohtaisesti työkalussa oli jo valmiina ominaisuudet maanpinnan, pintatekstuurien ja materiaalitiedostojen luomiselle sekä valmiin txml-tiedoston kirjoittamiselle. Txml-tiedostot ovat XML-merkintäkielellä kirjoitettuja tekstitiedostoja, joissa määritellään virtuaalimaailmaan ladattava sisältö. Työn tavoitteeksi asetettiin työkalun testaaminen, löydettyjen virheiden korjaaminen sekä realistisen puuston lisääminen aidosta mittadatasta luotuun virtuaalimaailmaan.

Työkalun kehittämiseksi päätettiin luoda esimerkisovellus, jonka avulla TundraWorldGeneratoriin lisättyjä ominaisuuksia voidaan testata käytännössä. Sovelluksessa käytettäväksi kohteeksi valittiin Iso-Syötteen laskettelukeskus ja sitä ympäröivä alue. Maanmittauslaitoksen kartoissa kyseiset alueet on merkitty koodeilla S5123B, S5124A, S5124C ja S5123D. Näiltä alueilta mitattu korkeusdata ladattiin xyz-tiedostomuodossa, joka sisältää pituus-, leveys- ja korkeuskoordinaatit. Neljä aluetta liitettiin toisiinsa, ja näin saatiin aikaan yksi suuri alue, joka kattaa koko Iso-Syötteen ympäristön. Heti aluksi havaittavissa oli kaksi näkyvää ongelmaa: korkeuserot olivat selvästi liian suuret, ja alueiden liitoskohdissa oli havaittavissa graafisia virheitä. Kuvassa 3 on esitetty kuvankaappaus opinnäytetyön lähtötilanteesta, eli TundraWorldGeneratorilla luodusta virtuaalimaailmasta ennen muutoksia.



*Kuva 3. Kuvankaappaus luodusta virtuaalimaailmasta opinnäytetyön aloitusvaiheessa.*

Korkeuserojen virheellisyyden syytä ei saatu selvitettyä, joten luodut maanpintalohkot päätettiin skaalata silmämääräisesti arvioiden todellisuutta vastaaviksi. Lohkoja venytettiin vaakasuunnassa 10 kertaa suuremmiksi, mutta korkeutta ei muutettu. Näin aluetta saatiin myös huomattavasti laajemmaksi. Kun maanpintaa tarkasteltiin suhteutettuna käyttäjän avatarin kokoon, syntyi vaikutelma usean kilometrin laajuudesta alueesta. Testauksen aikana huomattiin myös, että maanpinta oli jostain syystä peilikuva todellisesta maastosta. Sen kääntäminen onnistui kuitenkin yksinkertaisesti TerrainGeneratorin mirror-funktiolla.

Pelkkä maanpinta ei useimmissa tapauksissa riitä mielenkiintoisen ja tunnistettavan virtuaalimaailman luomiseksi. Seuraava tavoite olikin täyttää maailma puilla, eli luoda alueelle lähes todellisuutta vastaava metsä. Puiden luomiseen liittyvä koodi kirjoitettiin TundraWorldGeneratoriin lisättävään uuteen TreeGenerator-moduliin. Realistisuutta haettiin jättämällä laskettelurinteet ja tiet sekä vesistöalueet puuttomiksi, jotta niiden sijainti voidaan helposti erottaa. Puiden lisääminen usean neliökilometrin kokoiselle alueelle yksitellen olisi lähes mahdotonta, joten tavoitteena oli kirjoittaa moduuli, joka luo halutun määrän puita automaattisesti tietyille alueille.



Koska tavoitteena oli luoda suuret määrät puita, yksittäinen puu tulisi olla mahdollisimman yksinkertaisesti mallinnettu, jotta suorituskyky ei heikentyisi. Puu mallinnettiin asettamalla kolme kolmiota ristiin, jolloin saadaan aikaan yksinkertaistettu kuusen muoto. Tämän jälkeen malli teksturoitiin oikean kuusen valokuvasta muokatulla TGA-tekstuurilla, jonka alfa-kanavaa käyttäen ylimääräiset osat saatiin läpinäkyviksi. Kuvassa 4 näkyy valmis puumalli teksturoituna 3D-mallinnusohjelmassa.

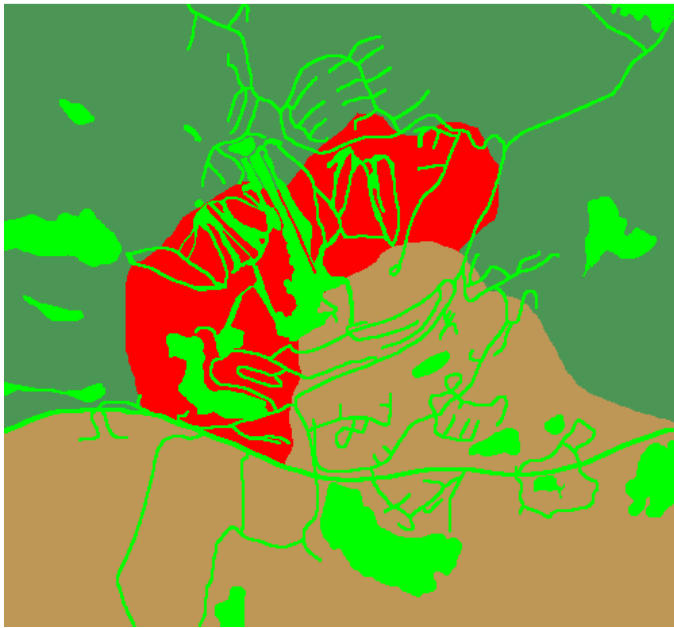


*Kuva 4. Kuusen 3D-malli.*

Jotta puita saatiin lisättyä vain halutuille alueille, päätettiin apuna käyttää kasvillisuuskarttoja, jotka ovat 608x608 pikselin kokoisia PNG-tiedostoja. Jokaiselle xyz-tiedostolle piirrettiin oma kasvillisuuskartta, johon merkittiin eri väreillä halutut alueet. Aluksi päätettiin toteuttaa pelkästään yhdenlaisten puiden luominen. Tämä toteutettiin lisäämällä TreeGeneratoriin funktio, joka lukee kasvillisuuskartan jokaisen pikselin RGB-arvon. Sen perusteella kasvillisuuskartan punaisille alueille (RGB-arvo 255,0,0) lisätään puita, mutta vihreät alueet (RGB-arvo 0,255,0) jätetään puuttomiksi.

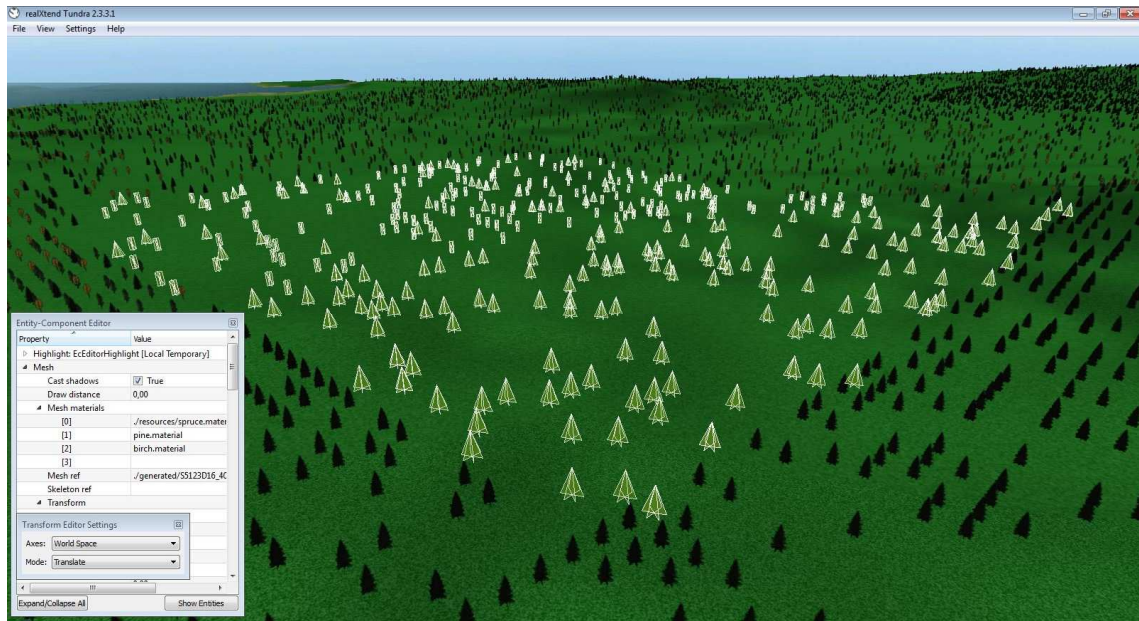
Kun puiden lisääminen kasvillisuuskartan määrittelemille alueille saatiin toteutettua toivotulla tavalla, päätettiin lisätä kaksi erilaista puutyyppiä, jotta maisemaan saadaan hieman vaihtelua.

Aiemmin tehtyä funktiota muokattiin niin, että jokaiselle puutypille on oma värikanava, jonka arvo määrittelee kyseisen puun esiintymistodennäköisyyden. Esimerkiksi jos RGB-arvo on (255,0,0), alueelle luodaan pelkästään kuusia, koska muiden puiden esiintymistodennäköisyys on 0. Jos RGB-arvo on esimerkiksi (200,200,200), luodaan kaikkia puita yhtä paljon. Kuvassa 5 on esimerkki kasvillisuuskartasta, jossa eri puutyypeistä koostuvat alueet erottuvat selvästi.



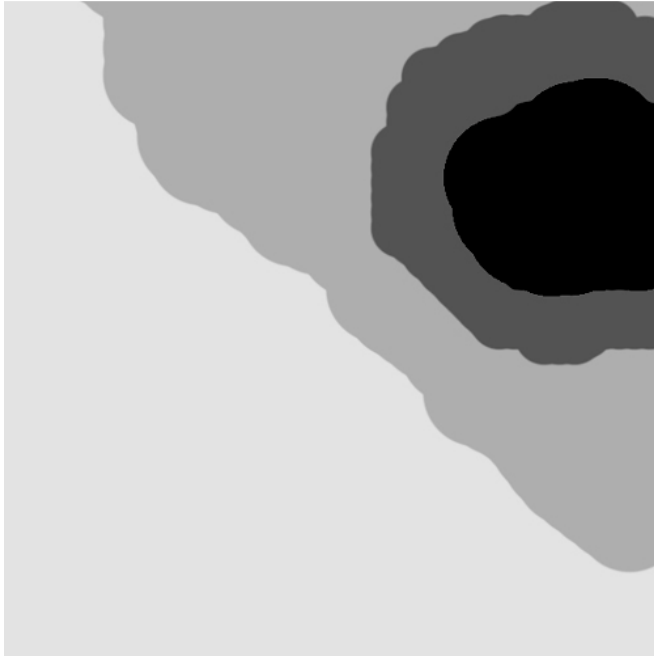
*Kuva 5. Kasvillisuuskartta.*

Suuria puumääriä luotaessa täytyy ajatella myös graafista suorituskkyä. Puiden piirtäminen yksittäisinä objekteina rasittaa näytönohjainta huomattavasti, mistä johtuen puut päätettiin jaotella ryhmiin, jotka yhdistetään yhdeksi mesh-tiedostoksi MeshContainer-modulin avulla. Ryhmän kokoa voidaan muuttaa TreeGeneratorissa määriteltyjen parametrien avulla. Kuvassa 6 näkyy metsän keskeltä Tundran EC-Editorilla korostettu ryhmä, joka sisältää useita satoja puita.



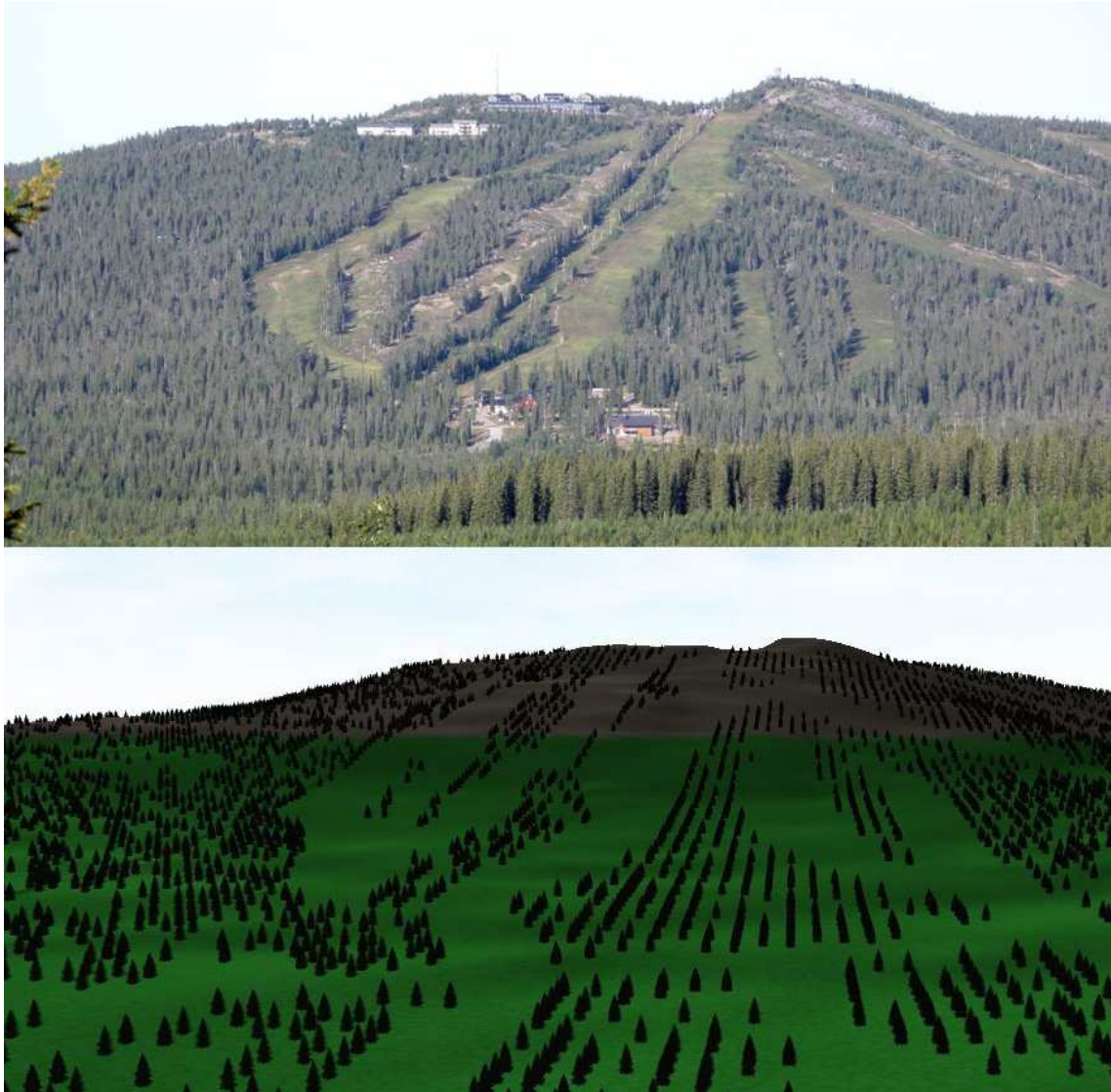
Kuva 6. Puuryhmä.

Lopuksi TreeGeneratoriin haluttiin lisätä ominaisuus puiden tiheyden säatelemiselle. Erityisesti laskettelukeskuksen alueelle haluttiin saada tiheää metsää, jotta kasvillisuuskarttojen määrittelemät alueet saadaan erottumaan selkeästi. Reuna-alueilla puiden määrää voitaisiin vähentää suorituskyvyn parantamiseksi. Tähänkin tarkoitukseen päätettiin käyttää erillisiä tekstuureja, eli tiheyskarttoja, joita olisi helppoa muokata tarpeen vaatiessa. Periaate oli lähes vastaava kuin kasvillisuuskartoissa, eli jokaiselle xyz-tiedostolle piirrettiin oma tiheyskartta, josta voidaan lukea puuston tiheys kullakin alueella. Tiheyskartat ovat myös 608x608 pikselin kokoisia PNG-tiedostoja, mutta ne ovat mustavalkoisia. Kuvassa 7 on tiheyskartta, jonka mustilla alueilla puiden tiheys on kaikkein suurin, valkoisilla alueilla pienin.



*Kuva 7. Tiheyskartta.*

Maanpinnan luomisen ja puiden lisäämisen tuloksena saatiin realXtend Tundrassa toimiva txml-tiedosto, eli toimiva virtuaalimaailman runko. Sen ulkoasua verrattiin oikeisiin valokuviin, minkä perusteella voitiin todeta virtuaalimaailman olevan tunnistettavissa Iso-Syötteen laskettelukeskukseksi. Kuvassa 8 on valokuva todellisesta Iso-Syöttestä, ja sen alapuolella vertailukuva virtuaalimaailmasta.



*Kuva 8. Todellisen Iso-Syötteen ja virtuaalimaailman vertailu.*

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe tuntui heti alussa suhteellisen haastavalta. Käytännön toteutusta aloitettaessa elokuussa 2012 työn konkreettisia tavoitteita oli vaikea hahmottaa, ja lopulta ne muotoutuivatkin vasta työskentelyn edetessä. Toimeksiantajan kanssa pidetyt viikoittaiset palaverit edesauttoivat merkittävästi työn edistymistä, ja apua oli aina saatavilla ongelmatilanteissa. Alkuperäinen tavoiteaikataulu venyi muutamalla kuukaudella, erityisesti raportin kirjoittamisen vietyä arvioitua enemmän aikaa. Ohjaavan opettajan avulla raportti saatiin lopulta valmiiksi nopealla tahdilla, ja työ valmistui päivitetyn aikataulun puitteissa.

Saavutettuihin tuloksiin voidaan olla pääosin tyytyväisiä. Tavoitteena ei ollut luoda täydellisyyteen asti hiottua ja visuaalisesti näyttävää virtuaalimaailmaa, vaan kehittää TundraWorldGeneratoriin uusia ominaisuuksia. Esimerkkisovelluksessa silmin nähtävä virtuaalimaailma onkin vain pintaraapaisu ohjelmakoodin puolella tehdystä työstä. Positiivista opinnäytetyössä oli sen monipuolisuus, minkä ansiosta saimme kokemusta useilta eri osa-alueilta: ohjelmoinnista, 3D-mallinnuksesta, teksturoinnista sekä yleisesti 3D-grafiikasta ja virtuaalimaailmojen parissa työskentelystä. Opintojen aikana saadut ohjelmoinnin perustaidot joutuivat koetukselle, ja 3D-mallinnus tehtiin käytännössä täysin harrastusten kautta saadun kokemuksen perusteella.

TundraWorldGenerator on ehdottomasti kehityskelpoinen työkalu. Sen perusidea on hyvä, ja nykyinen versio toimiikin jo erittäin suurena apuna proseduraalista sisältöä luotaessa. Kun työkalua saadaan kehitettyä eteenpäin, sille voisi olettaa löytyvän kysyntää laajemmaltikin. Tämä vaatii kuitenkin muutamien ongelmien ratkaisemista, uusien ominaisuuksien kehittämistä ja työkalun käyttäjäystävällisyyden lisäämistä. Nykyisellään sen käyttäminen vaatii paljon perehtymistä ja realXtendin toimintaperiaatteiden tuntemista. Myös TreeGeneratorissa on paljon parannettavaa sekä puiden asettelun että yleisen optimoinnin osa-alueilla. Sen perustoimivuus on kuitenkin todistettu esimerkkisovelluksessa, mikä luo hyvän pohjan mahdolliselle jatkokehitykselle.

## LÄHTEET

3D Internet Alliance. 2013. 3D Internet. Hakupäivä 19.2.2013  
[http://3dinternetalliance.org/?page\\_id=73](http://3dinternetalliance.org/?page_id=73).

Akenine-Möller, T., Haines, E. & Hoffman, N. 2008. Real-Time Rendering: Third Edition. Massachusetts: A K Peters, Ltd.

Alatalo, T. 2011a. An Entity-Component Model for Extensible Virtual Worlds. Hakupäivä 18.11.2012 [https://github.com/realXtend/doc/blob/master/arch\\_article/simple.pdf](https://github.com/realXtend/doc/blob/master/arch_article/simple.pdf).

Alatalo, T. 2011b. RealXtend: a platform for networked 3d applications. Hakupäivä 14.11.2012  
[https://github.com/realXtend/doc/blob/master/acm\\_multimedia/overview.pdf](https://github.com/realXtend/doc/blob/master/acm_multimedia/overview.pdf).

Carlson, W. 2003. A Critical History of Computer Graphics and Animation. Hakupäivä 17.11.2012  
<http://design.osu.edu/carlson/history/lesson17.html>.

Computer Graphics Laboratory at UCSD. 2005. Procedural Modeling. Hakupäivä 12.2.2013  
[http://graphics.ucsd.edu/courses/cse167\\_f05/CSE167\\_18.ppt](http://graphics.ucsd.edu/courses/cse167_f05/CSE167_18.ppt).

Franklin, C. 2011. How 3-D Graphics Work. Hakupäivä 30.1.2013  
<http://computer.howstuffworks.com/3dgraphics.htm>.

Jonaitis, J. 2004. Basic Modeling Theory And Technique. Hakupäivä 12.2.2013  
<http://www.jjonaitis.com/tuto/tuto1.htm>.

Junker, G. 2006. Pro OGRE 3D Programming: Expert's Voice in Open Source. New York: Apress.

Korolov, M. 2011. RealXtend Association formed. Hakupäivä 16.11.2012  
<http://www.hypergridbusiness.com/2011/04/realxtend-association-formed/>.

Maanmittauslaitos. 2012. Ilmaiset aineistot. Hakupäivä 25.11.2012  
<http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata>.

OpenGL Programming Guide. 1997. Texture Mapping. Hakupäivä 19.2.2013  
<http://www.glprogramming.com/red/chapter09.html>.

Piemaster. 2011. Entity/Component Game Design: A Primer. Hakupäivä 19.2.2013  
<http://piemaster.net/2011/07/entity-component-primer/>.

Second Life Wiki. 2012. History Of Second Life. Hakupäivä 19.2.2013  
[http://wiki.secondlife.com/wiki/History\\_of\\_Second\\_Life](http://wiki.secondlife.com/wiki/History_of_Second_Life).

Strickland, J. 2007. How virtual reality works. Hakupäivä 17.11.2012  
<http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality.htm>.